

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2004-037364

(43)Date of publication of application : 05.02.2004

(51)Int.Cl.

G21K 5/08  
G21K 1/00  
G21K 5/02  
H01L 21/027

(21)Application number : 2002-197251

(71)Applicant : KANSAI TLO KK

(22)Date of filing : 05.07.2002

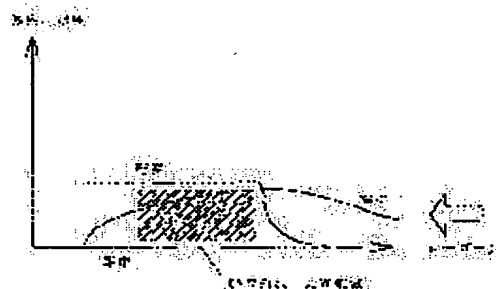
(72)Inventor : NISHIMURA HIROAKI  
NORIMATSU TAKAYOSHI  
MIYANAGA NORIAKI  
NAKATSUKA MASAHIRO  
NISHIHARA ISANAGA

(54) TARGET FOR GENERATING LIGHT HAVING EXTREMELY SHORT WAVELENGTH, LIGHT GENERATING METHOD USING TARGET, AND DEVICE THEREFOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a target having a high radiation conversion efficiency, a highly clean target, a generation method of light having an extremely short wavelength using the target, and a device therefor, without wasting much input laser light energy.

SOLUTION: This generation device of light having an extremely short wavelength is characterized by being equipped with a hopper 4 having a discharge port capable of discharging frost to one side, a refrigerator 1 for cooling the hopper to an extremely low temperature, a heater 3 capable of heating the wall face of the hopper intermittently, and a vacuum chamber 7 for keeping the periphery of the hopper vacuum, provided on one side with a first window 10 for guiding a laser beam from the outside to the periphery of an outlet, and on the other side with a second window 11 for taking out extreme ultraviolet rays. The light having an extremely short wavelength is generated by the generation device by using as the target the frost F having a density which is  $1/100-1/2$  of the solid density.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 30.06.2005

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>

G21K 5/08  
G21K 1/00  
G21K 5/02  
H01L 21/027

F I

G21K 5/08  
G21K 1/00  
G21K 5/02  
H01L 21/30

テーマコード(参考)

X 5F046  
X  
X  
S

審査請求 未請求 請求項の数6 O L (全8頁)

(21) 出願番号 特願2002-197251 (P2002-197251)

(22) 出願日 平成14年7月5日 (2002. 7. 5)

(71) 出願人 899000046

関西ティール・エル・オー株式会社  
京都府京都市下京区中堂寺栗田町93番地

(74) 代理人 100098969

弁理士 矢野 正行

(72) 発明者 西村 博明

大阪府吹田市山田丘2-6 大阪大学レー  
ザー核融合研究センター内

(72) 発明者 乗松 孝好

大阪府吹田市山田丘2-6 大阪大学レー  
ザー核融合研究センター内

(72) 発明者 宮永 憲明

大阪府吹田市山田丘2-6 大阪大学レー  
ザー核融合研究センター内

最終頁に続く

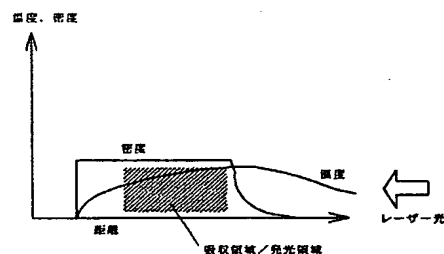
(54) 【発明の名称】 極短波長の光を発生させるターゲット、そのターゲットを用いた光発生方法及びそのための装置

## (57) 【要約】

【課題】 投入レーザー光エネルギーをあまり無駄にすることなく、放射変換効率の高いターゲット、クリーン度の高いターゲット、そのターゲットを用いた極短波長光発生方法及びそのための装置を提供することにある。

【解決手段】 一方の側にフロストを排出可能な排出口を有するホッパ4と、ホッパを極低温にするための冷凍機1と、ホッパの壁面を断続的に加熱しうるヒータ3と、ホッパの周囲を真空に保ち、一方の側に外部からのレーザー光を前記排出口付近に案内する第一の窓10、他方の側に極紫外光を取り出す第二の窓11が設けられた真空室7とを備えることを特徴とする、極短波長光の発生装置により、固体密度の1/100～1/2の密度を有するフロストFをターゲットとして極短波長光を発生させる。

【選択図】 図1



1

## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

固体密度の  $1/100 \sim 1/2$  の密度を有するフロストからなることを特徴とする、レーザー照射用ターゲット

## 【請求項 2】

固体密度の  $1/100 \sim 1/2$  の密度を有するフロストに、レーザーを照射させることを特徴とする、極短波長の光を発生させる方法。

## 【請求項 3】

一方の側にフロストを排出可能な排出口を有するホップと、ホップを極低温にするための冷凍機と、ホップの壁面を断続的に加熱しうるヒータと、ホップの周囲を真空に保ち、一方の側に外部からのレーザー光を前記排出口付近に案内する第一の窓、他方の側に極紫外光を取り出す第二の窓が設けられた真空室とを備えることを特徴とする、極短波長光の発生装置。

## 【請求項 4】

前記ヒータが高周波放電を原理とするものである請求項 3 に記載の装置。

## 【請求項 5】

前記ヒータの放電電極が、ホップの外周に複数対設けられている請求項 4 に記載の装置。

## 【請求項 6】

更に、前記ホップの排出口直前に回転可能に固定され、径方向に放射状に突出する複数の羽根を有する羽根車を備え、前記ホップは、排出口の直前で羽根車を包囲するように排出口付近が羽根車と同心のほぼ円筒状に形成されている請求項 3 に記載の装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

## 【発明の属する技術分野】

この発明は、紫外光よりも短い波長の光、特に極紫外光を発生させる方法及びそのための装置に属し、フォトリソグラフィに好適に利用されうる。

## 【0002】

## 【従来の技術】

半導体の集積度は、これまでほぼムーアの法則通りに急速に増大してきており、今後も同様の傾向で増大することが要請されている。集積回路はフォトリソグラフィによって形成される。従って、集積度増大の要請に応えるためには、リソグラフィの光源として露光波長が従来の紫外光より短い光（以下、極短波長光という。）ものを用いることが望ましい。最も有望な光源候補は波長  $10 \text{ nm} \sim 100 \text{ nm}$  の極紫外光（以下、EUV という。）である。

一般に常温においてガス状の物質であるキセノンなどをガス状態のまま、あるいは冷却固化、液化して高密度状態にしたものターゲットとして、これにレーザー光を照射することにより、電離したプラズマ状物質から EUV が放射することは知られている。

2

## 【0003】

## 【発明が解決しようとする課題】

しかし、従来のターゲットでは、レーザー光エネルギーを吸収可能なターゲットの臨界密度が、所定の波長の光を発する温度領域の密度よりも低いため、変換効率が低すぎてコスト高となっていた。即ち、例えば固体からガス化された物質をターゲットとすると、図 2 に示すように固体表面に近いほど低温高密度で、固体表面から離れるに連れて高温低密度となる。従って、これにレーザー光を照射した場合、EUV のような特定波長の光を発するのは、固体表面に近い低温領域（図中の EUV 発光領域）であるにも関わらず、臨界密度がその領域の密度よりも低いためにレーザー光エネルギーの大部分は EUV 発光領域より固体表面から離れた低密度領域（図中のレーザー光吸収領域）で吸収されてしまう。

## 【0004】

また、高密度領域は常時固体と熱交換して低温になっているので、レーザー光エネルギーを多く吸収して高温となった低密度領域から高密度領域への熱伝導により熱損失が生じる。従って、これが変換効率の低下を助長している。

さらに、固体ターゲットや液体ターゲットではレーザー照射後に生じる衝撃波などによりターゲットの破片（デブリ）が飛散し、放射した光をハンドリングする光学系等に損傷を与えたり、その光学特性を劣化させる原因となっていた。

それ故、この発明の課題は、投入レーザー光エネルギーをあまり無駄にすることなく、放射変換効率の高いターゲット、クリーン度の高いターゲット、そのターゲットを用いた極短波長光発生方法及びそのための装置を提供することにある。

## 【0005】

## 【課題を解決するための手段】

その課題を解決するために、この発明のレーザー照射用ターゲットは、固体密度の  $1/100 \sim 1/2$  の密度を有するフロストからなることを特徴とする。フロストは気体を急冷して生じた粒子群からなるので、その密度及び温度をターゲット全体にわたってほぼ均一にすることができる。フロストを構成する元素は特に限定されず、元素によって 1 個のイオンから出る電子数が異なるため臨界密度も元素によって区々であるが、固体密度の  $1/100 \sim 1/2$  の範囲内であれば、ほとんどの元素の臨界密度以下となる。従って、上記のフロストは、図 1 に示すようにレーザー光に対して奥深くまで吸収領域と発光領域とが重なり、発光に寄与する領域の体積が増すので、高効率で極短波長光を発する。また、低密度なのでデブリ発生を抑制し、発光ガスの使用量も押さえることができる。

## 【0006】

このため、上記課題を解決するこの発明の極短波長光発

50

3

生方法は、固体密度の $1/100 \sim 1/2$ の密度を有するフロストに、レーザーを照射させることを特徴とする。

EUVを発生させるためにはフロストを構成する元素としては、通常キセノンが用いられるが、水素、酸素、窒素、アルゴン、クリプトンなど、フロストとなりうる物質であればよく、物質を変えることにより発光するスペクトルの波長が異なる。

#### 【0007】

この発明の極短波長光発生方法に適切な発生装置は、一方の側にフロストを排出可能な排出口を有するホッパと、ホッパを極低温にするための冷凍機と、ホッパの壁面を断続的に加熱しうるヒータと、ホッパの周囲を真空に保ち、一方の側に外部からのレーザー光を前記排出口付近に案内する第一の窓、他方の側に極紫外光を取り出す第二の窓が設けられた真空室とを備えることを特徴とする。

#### 【0008】

この装置によれば、冷凍機にて冷媒を極低温にしながらホッパに所定の気体を注入すると、気体が固化してホッパの内壁面に固化層が形成される。この状態でホッパの壁面をヒータで加熱すると、固化層が昇華して高密度の気体となり、直ぐにヒータを切ることにより急冷されて雪状態となり降下してフロストとなる。同時に新たな固化層が壁面に形成される。従って、ヒータの加熱を断続的にすることにより、フロストがホッパ内に堆積する。堆積したフロストを排出口よりホッパ外に排出させ、第一の窓からレーザー光を真空室内に入射させてそのフロストに照射することにより、極短波長光を発生させることができる。尚、第一の窓はレンズからなり集光器を兼ねるように構成しても良い。

#### 【0009】

前記ヒータが高周波放電を原理とするものであると、放電によってホッパ内が高圧となり、放電停止とともに急冷されるので、フロストが生成しやすくて好ましい。この場合、ヒータの放電電極が、ホッパの外周に複数対設けられていると、ある組の放電電極で放電中に他の組の放電電極は放電を停止させておいて固化層を形成することができる。従って、連続してフロストを堆積させることができるので好ましい。

上記装置において更に、前記ホッパの排出口直前に回転可能に固定され、径方向に放射状に突出する複数の羽根を有する羽根車を備え、前記ホッパは、排出口の直前で羽根車を包囲するように排出口付近が羽根車と同心のほぼ円筒状に形成されていると好ましい。こうすることで、隣り合う羽根の間に堆積したフロストが、羽根車の回転とともに順次適量ずつ排出されるからである。尚、羽根車の回転軸を中空にしてその中にも冷媒を通しておくと、フロストの昇華が抑制されるので好ましい。

#### 【0010】

4

#### 【発明の実施の形態】

##### 一実施形態 1ー

この発明の第一の実施形態を図3とともに説明する。図3は第一実施形態に係る極短波長発生装置（以下、本装置100という。）の縦断面図である。

本装置100は、冷凍機1、ガス注入管2、ヒータ3、ホッパ4、押し出し棒5、監視器6、真空室7、高出力パルスレーザー光発生器8及び波長変換器9を備える。

#### 【0011】

ホッパ4は、真空室7内に固定されており、上部が円筒状の胴部4a、下部が円錐状のガイド部4bをなし、いずれもガラス、セラミックスなどの絶縁材料からなり、上面が閉塞して下端にフロストを排出可能な排出口41を有する。ホッパ4の周囲には壁面にそって図略の冷媒、例えば液体ヘリウムが循環する配管42が設けられている。配管42は真空室7を気密に貫通して冷凍機1に接続されている。ヒータ3は高周波放電を原理とするもので、その放電電極31a、31bは胴部4aの壁の内面に設けられている。尚、壁の厚さや材質によっては放電電極を壁の外面に設けても良い。押し出し棒5は、ホッパ4内で鉛直に立てられ、真空室7の外から遠隔操作によって上下動可能に設定されている。

#### 【0012】

真空室7の一方の側には、排出口41と同じ高さにレンズからなる第一の窓10が設けられ、他方の側には第一の窓10と対向して第二の窓11が設けられている。そして、真空室7の外側では窓10に波長変換器9及びレーザー光発生器8が順に接続されている。ガス注入管2は、真空室7の一方の側面及び胴部4aを気密に貫通し、外部からガスをホッパ4内に注入可能にしている。真空室7には監視器6も貫通しており、監視器6の先端は排出口41に接近している。

窓10を構成するレンズは、その焦点が排出口41の直下に位置するように合わせられて、集光器を兼ねている。従って、レーザー光発生器8より発せられたパルスレーザー光は、波長変換器9でフロストに対する吸収率の高い高調波に変換され、窓10で屈折して排出口41の直下に集光される。

#### 【0013】

本装置100の動作を、キセノンXeをターゲットとする場合を例にして以下に説明する。先ず冷凍機1を立ち上げて常圧でキセノンが固化する161Kまでホッパ4を冷却する。そして、キセノンガスをガス注入管2より注入すると、ホッパ4の内壁面にキセノンの固化層が形成される。そこで、ヒータ3に通電して放電電極31a、31b間を高周波放電させ、ホッパ4の内壁面にいったん形成された固体層の表面を局部加熱して蒸気発生させる。直ぐにヒータ3への通電を停止すると、蒸気となったガスは急速に冷却され「雪」状態となりこれが降下してフロスト（図3の符号F）となってホッパ4

5

のガイド部4bに堆積する。これを押し出し棒5で排出口41から押し出すことにより、棒状のターゲットが形成される。

#### 【0014】

得られたターゲットは、固相、液相、気相が同時に存在する「三重点」の温度より低く、固相と気相が同時に存在する温度密度条件下で、ほぼ $2 \times 10^{20} \sim 8 \times 10^{21}$  個/cc前後の粒子密度を有する。これはキセノンの質量密度3.5g/cc、キセノンの原子量131.3及びアボガドロ数 $6.02 \times 10^{23}$  から求めた数密度 $1.6 \times 10^{22}$  個/cc =  $(3.5/131.3) \times 6.02 \times 10^{23}$  のほぼ $1/100 \sim 1/2$ に相当する。従って、このターゲットに例えばYAGレーザー光が照射されることにより、加熱されて電離し $2 \times 10^{20} \sim 8 \times 10^{21}$  個/ccのイオン密度、 $10^{20} \sim 10^{23}$  個/ccの電子密度を有するプラズマが発生する。電子密度の上限がイオン密度のほぼ10倍であるのは、一つのイオンが10~15個の電子を放出するためであり、下限が10倍とまらないのは加熱されたプラズマが速やかに膨張するためである。こうして発生したプラズマが波長13~14nmのEUVを発生する。しかも、このターゲットは、全体が上記のEUV発光温度で例えばYAGレーザーの基本波長光に対する臨界密度より僅かに小さい密度のフロストからなるので、発光限界である黒体放射に近い高効率で発光する。

また、本装置100によれば、発光に寄与しない部分をレーザー光で無駄に加熱することがないので、エネルギー損失を最小限に抑制することができるし、デブリの発生も抑制出来る。

#### 【0015】

##### 一実施形態2ー

この発明の第二実施形態を図4及び図5とともに説明する。図4は第二実施形態の極短波長光発生装置（以下、本装置200という。）を示す縦断面図、図5は図4のAA断面図である。

本装置200も冷凍機1、ガス注入管2、ヒータ3、ホッパ4、押し出し棒5、監視器6、真空室7、高出力パルスレーザー光発生器8及び波長変換器9を備え、ヒータ3及びホッパ4を除く構成要素については基本的に同形同質で、互いの配置関係も同じであり、これらに加えて羽根車12を備える。よって、羽根車12、ヒータ3及びホッパ4のみ詳述する。

#### 【0016】

ヒータ3は、3対の放電電極32a、32b、33a、33b、34a、34bを有し、放電電極32a、33a、34aと放電電極32b、33b、34bとが各々対向するようにホッパ4の胴部4aの壁面に固着されている。

ホッパ4は、ガイド部4bの下に胴部4aと直交する円筒状のハウジング4cを一体的に有し、ハウジング4c 50

6

の下端に排出口41が設けられている。羽根車12は、このハウジング4cと同心で、ハウジング4c内で回転可能に固定され、径方向に放射状に突出する複数（図面では8枚）の羽根12aを有する。羽根12aの先端は、ハウジング4cの内周面と微小間隙を介して対向している。また、羽根車12の中心にも胴部4aの周囲の冷媒と同じ冷媒が收容されており、配管の図示を省略するが、この冷媒も羽根車12と冷凍機1との間を循環する。

#### 【0017】

本装置200によれば、1対の放電電極（例えば32a、32b）に通電して固化層を剥離させている間に、残りの放電電極の放電を停止して注入ガスを冷却固化させて新たな固化層を形成することができる。従って、フロストを連続して堆積させることができる。また、剥離したフロスト（図3の符号F）は、隣り合う羽根12aの間に堆積し、羽根車12が回転して排出口41に臨んだ適量の堆積フロストのみ順次排出される。排出されたフロストは実施形態1と同様にレーザー光が照射されることにより、EUVを発生する。

#### 【0018】

##### 【発明の効果】

この発明によれば、ターゲットの発光領域とレーザー光の吸収領域を一致させることができるので、高効率で極短波長光を発生させることができる。従って、フォトリソグラフィなどの物質加工分野の他、物質検査、物質診断などの広い分野での利用を期待することができる。

##### 【図面の簡単な説明】

【図1】この発明のターゲットの距離と温度及び密度との関係を示すグラフである。

【図2】従来のターゲットの距離と温度及び密度との関係を示すグラフである。

【図3】この発明の第一実施形態の装置を示す縦断面図である。

【図4】この発明の第二実施形態の装置を示す縦断面図である。

【図5】図4のAA断面図である。

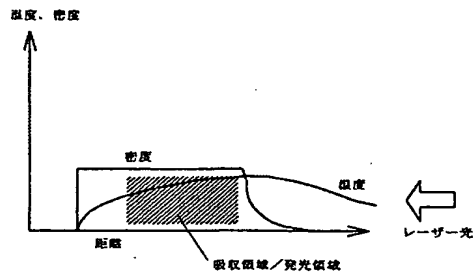
##### 【符号の説明】

- 1 冷凍機
- 2 ガス注入管
- 3 ヒータ
- 4 ホッパ
- 5 押し出し棒
- 6 監視器
- 7 真空室
- 8 レーザー光発生器
- 9 波長変換器
- 10 第一の窓
- 11 第二の窓
- 12 羽根車

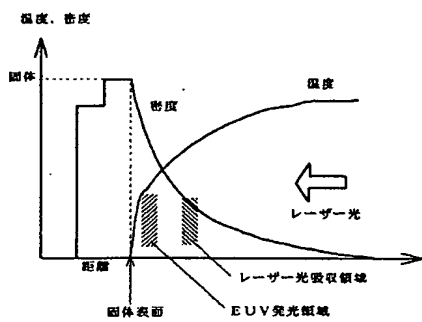
7

## 100、200 極短波長光発生装置

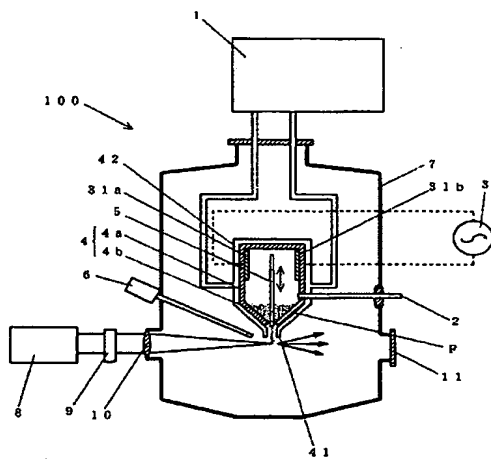
【図1】



【図2】

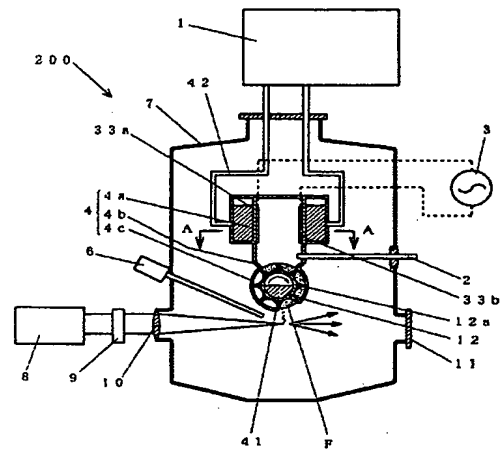


【図3】

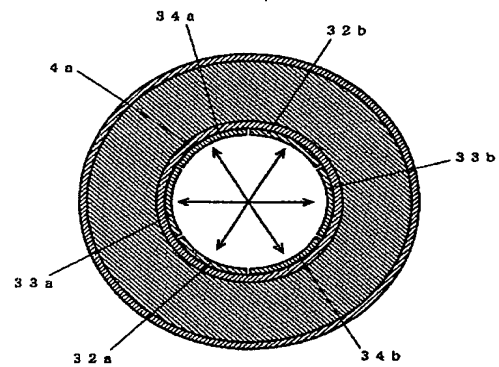


8

【図4】



【図5】



フロントページの続き

(72)発明者 中塚 正大

大阪府吹田市山田丘2-6 大阪大学レーザー核融合研究センター内

(72)発明者 西原 功修

大阪府吹田市山田丘 2 - 6 大阪大学レーザー核融合研究センター内

Fターム(参考) 5F046 GC01